

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-142298

(43)Date of publication of application : 28.05.1999

(51)Int.Cl.

G01M 19/00  
// G21D 3/00

(21)Application number : 09-302924

(71)Applicant : BABCOCK HITACHI KK

(22)Date of filing : 05.11.1997

(72)Inventor : KOYAMA TERUO  
NAKAO MOTOROKU  
SAITO JUNICHI  
MATSUMOTO TERUAKI

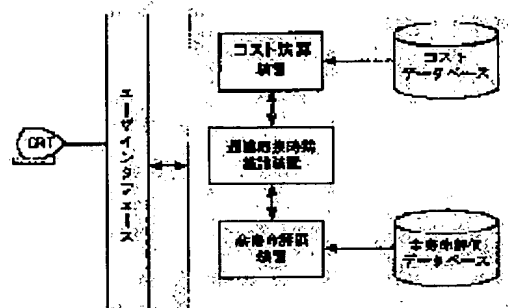
## (54) LIFE-CYCLE MANAGEMENT TYPE SYSTEM FOR PLANT MAINTENANCE-ASSISTANCE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To infer the cost-minimum optimum replacement time of components constituting a plant by performing cost computation in consideration of the overall period of use of the plant such as a boiler.

SOLUTION: This system to diagnose the remaining lives of components constituting a plant and to determine the replacement time of the constituting components is provided with a remaining life diagnosing device, a cost computing device, and an optimum replacement time inferring device. Components constituting a plant are divided into replacement units. The remaining life diagnosing device diagnoses the useful life of each replacement unit. On the basis of the useful lift of each replacement unit, various replacement schedule patterns are determined. The cost computing device computes cost for every replacement schedule pattern. The optimum replacement time inferring device selects and outputs a cost-minimum replacement schedule pattern.

In cost computing, cost is divided into inspection and maintenance cost and replacement cost and is computed. In the case of simultaneously replacing adjacent replacement units, the cost of appurtenant work is shared, and cost is computed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.11.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the plant maintenance support system which diagnoses the life expectancy of the configuration part which constitutes a plant, and determines the replacement stage of said configuration part said system It has remaining life assessment equipment, a cost arithmetic unit, and optimal replacement stage inference equipment. Said optimal replacement stage inference equipment divides said configuration part of a plant per exchange, diagnose a life for said every replacement unit with said remaining life assessment equipment, and the use years of a plant are received. Replacement schedule patterns various with said optimal replacement stage inference equipment are determined based on said diagnosed life of each replacement unit. Cost is calculated for said every replacement schedule pattern with said cost arithmetic unit. The replacement schedule pattern which becomes a cost minimum is selected and outputted with said optimal replacement stage inference equipment. The life-cycle management mold plant maintenance support system which computes by dividing cost into inspection and a maintenance cost, and replacement expense by said cost operation, makes cost of appurtenant work common among replacement expense in coincidence exchange of the approaching replacement unit, and is characterized by carrying out a cost operation.

[Claim 2] The life-cycle management mold plant maintenance support system characterized by carrying out the cost operation of said inspection and maintenance cost as a function of the years from the time of exchange in a life-cycle management mold plant maintenance support system according to claim 1.

[Claim 3] The life-cycle management mold plant maintenance support system characterized by expressing said inspection and maintenance cost with inspection and maintenance-cost = criteria costs  $x(\text{years from exchange}) / (\text{life})$  a, and setting a constant a to 2-3 in a life-cycle management mold plant maintenance support system according to claim 2.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is concerned with the preventive maintenance of plants, such as a thermal power station boiler, and relates to the system by which the optimal replacement stage of a configuration part can be evaluated in life cycle especially to the use years of a plant.

[0002]

[Description of the Prior Art] The specification of the ingredient used for the pressure part of the boiler for thermal power stations is decided to be criteria in the allowable stress of the ingredient to be used. For example, in the case of the heat exchanger tube, the outer diameter and thickness are designed so that the stress called for by the formula (working pressure x pitch-diameter/2-/thickness) of a pitch diameter may turn into below the allowable stress in the service temperature of a heat exchanger tube.

[0003] As for allowable stress, creep rupture strength has been criteria, and although 100,000 hours becomes one standard, since, as for the life of a boiler, the factor of safety is expected by allowable stress, as an actual life of a boiler, about 30 years are made appropriate.

[0004] However, since a boiler is a welded structure, partial exchange is possible for it, and the view of extending the life as a plant till about 60 is beginning to appear from a viewpoint [ direction / which extends a life by repair or partial exchange of a certain plant rather than construction of a new plant now ] economically of being advantageous.

[0005] In performing partial exchange, it is based on the life of the ingredient currently used at least for each part, and, generally the remaining life assessment of an ingredient is carried out for every each part grade, and just before the part reaches a life, it is exchanging with.

[0006] The ingredient used for a boiler receives damages on various, such as creep damage at the time of the use in an elevated temperature, thermal fatigue damage at the time of deactivation, or corrosion, corrosion fatigue damage. For this reason, the remaining life assessment approach only corresponding to each part is developed and put in practical use. For example, the metal texture which the front face of an ingredient was ground and etched [ metal texture ] and made it appear to the part where creep damage poses a problem is copied on the replica film, and, generally the replica method which evaluates damage by the condition of a metal texture is used.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, generally the approach of exchanging with, before evaluating life expectancy for every each part grade and reaching a life is performed, and consideration to which the replacement cost of a unit becomes as low [ as each part ] as possible in this case is made. however, the thing an inspection item will increase although life expectancy is not reached if the use years like each part (years from construction or exchange) increase, or detail inspection is [ a thing ] needed -- in fact Since generating of small fault and the possibility of accident become high, inspection and a maintenance cost increase, and when exchanging with for every each part grade at the time of the life of the ingredient thinks by the whole (life cycle of a boiler) duration of service, it does not necessarily become a cost minimum.

[0008] With "maintenance exchange evaluation equipment" given in JP,3-242529,A, specific parameters required for maintenance are collected for maintenance of plant configuration equipment, and it is asking for the replacement period and period of maintenance work which took the life cycle into consideration based on this. In this well-known example, since data required for maintenance in online can be extracted and replacement expense and a

maintenance cost are moreover aimed at the equivalent, comparatively small device (instruments), cost is evaluation with each device simple substance, and is also performing life-cycle-evaluation with each device simple substance.

[0009] On the other hand, by the boiler for enterprises, large-scale construction is followed on exchange for comparatively big parts, such as a header, a coil, and a waterwall. In evaluation of such a plant, if the mutual effectiveness in the exchange like each part is not taken into consideration, it does not become life-cycle-evaluation used as the cost minimum as an entire plant. That is, when a replacement stage is near, cost may be low held down by exchanging to coincidence.

[0010] For example, a boiler is the large-sized structure, needs to construct a large-scale scaffold at the time of exchange, and can hold down cost low by exchanging at coincidence in the case of the contiguity part which can make a scaffold serve a double purpose.

[0011] Thus, the direction which considers and exchanges the whole (life cycle) duration of service of a plant in addition to the life of an ingredient can hold down the whole cost low rather than exchanging with for every each part grade at the time of the life of the ingredient. The purpose of this invention is in plants, such as a boiler, to offer the system which reasons the optimal replacement stage of the plant configuration part used as a cost minimum, performing the cost operation in consideration of the whole duration of service of a plant, and taking into consideration the interaction especially in exchange of a part.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, this invention mainly adopts the following configurations.

[0013] In the plant maintenance support system which diagnoses the life expectancy of the configuration part which constitutes a plant, and determines the replacement stage of said configuration part said system It has remaining life assessment equipment, a cost arithmetic unit, and optimal replacement stage inference equipment. Said optimal replacement stage inference equipment divides said configuration part of a plant per exchange, diagnose a life for said every replacement unit with said remaining life assessment equipment, and the use years of a plant are received. Replacement schedule patterns various with said optimal replacement stage inference equipment are determined based on said diagnosed life of each replacement unit. Cost is calculated for said every replacement schedule pattern with said cost arithmetic unit. The replacement schedule pattern which becomes a cost minimum is selected and outputted with said optimal replacement stage inference equipment. The life-cycle management mold plant maintenance support system which computes by dividing cost into inspection and a maintenance cost, and replacement expense by said cost operation, makes cost of appurtenant work common among replacement expense in coincidence exchange of the approaching replacement unit, and carries out a cost operation.

[0014] Moreover, carry out the cost operation of said inspection and maintenance cost as a function of the years from the time of exchange in said life-cycle management mold plant maintenance support system.

[0015] Furthermore, in said life-cycle management mold plant maintenance support system, express said inspection and maintenance cost with inspection and maintenance-cost = criteria costs  $\times$  (years from exchange)  $\div$  (life)  $a$ , and set a constant  $a$  to 2-3.

[0016]

[Embodiment of the Invention] The operation gestalt of this invention is explained below using a drawing. The system configuration has a user interface for outputting and inputting each database for life-expectancy evaluation equipment, a cost arithmetic unit, optimal replacement stage inference equipment, life-expectancy evaluation, and a cost operation, and data with said each equipment, and CRT, as shown in drawing 1.

[0017] The flow of processing by this invention is shown in drawing 2. Optimal replacement stage inference equipment takes the lead. In this equipment, the life is first evaluated by life-expectancy evaluation equipment by each remaining life assessment approach for every replacement part unit which divided the whole object per replacement part and divided it. The aforementioned replacement part units are a furnace inlet port and an outlet header, the furnace

upper part and a lower waterwall, a drum, etc. in the furnace of for example, the boiler for enterprises, and a replacement part unit is set as arbitration. On the basis of the life of all the replacement units evaluated by life-expectancy evaluation equipment with the above, two or more replacement schedule patterns are determined, and it outputs to a cost arithmetic unit. In this cost arithmetic unit, the total cost in the duration of service of the whole object is calculated for every replacement schedule pattern.

[0018] Said total cost should total the inspection, the maintenance cost, and replacement expense for every use fiscal year. Among these, in consideration of the fixed cost and variable costs which the usual inspection takes inspection and a maintenance cost, variable costs are taken as the function of the years from the time of exchange. Moreover, although replacement expense consists of a manufacturing cost of a replacement part, and a construction cost which exchange takes, when a construction cost is divided into appurtenant work, such as scaffold construction, and installation expense and coincidence exchange is carried out by the part which approached, appurtenant work, such as scaffold temporary construction, is computed as common cost. Thus, the replacement schedule pattern which becomes a cost minimum out of the cost result of an operation performed for every replacement schedule pattern is outputted.

[0019] By this invention, the optimal replacement stage was reasoned for the secondary superheater 1 of the boiler for thermal power stations shown in drawing 3. The object part was made into a total of six parts of the inlet-port header 2, the middle header 3, the outlet header 4, the inlet-port coil 5, the middle coil 6, and the outlet coil 7. As a result of using the commercial plant for about 20 years, extracting a replica at this time and carrying out the remaining life assessment by KYABIDI with life-expectancy evaluation equipment, the life like each part (life) came to be shown in Table 1.

[0020]

[Table 1]

表 1

部 位	耐用年数 (年)	検査・保守費 (M¥)	製造・据付費 (M¥)	付帯工事費 (M¥)
入口管寄	42	15.0	200	20
中間管寄	35	30.0	400	40
出口管寄	28	30.0	500	50
入口コイル	34	35.0	600	70
中間コイル	27	40.0	700	70
出口コイル	22	40.0	700	70

$$\text{検査費} = \text{基準費用} \times ((\text{取替からの年数}) / (\text{耐用年数}))^2$$

[0021] In Table 1, inspection and a maintenance cost, manufacture and installation expense, and an incidental construction cost were computed, and this operation gestalt defined inspection and a maintenance cost as follows from the conventional track record etc.

[0022] inspection and maintenance-cost = criteria costs x (years from exchange) / (life) <sup>2</sup> -- in this, the increment of the repair cost derived at the time of inspection, partial replacement expense, and the number of check points and the failure level of significance of an inspection means are included. Moreover, these six parts can use a common scaffold from it being close, in exchanging two or more parts to coincidence, it will apply the cost concerning appurtenant work to one part, and other parts will deduct appurtenant work cost.

[0023] The use years of a commercial plant were made into 60 years, and the optimal replacement stage was reasoned by this system based on such data. Drawing 4 displayed the optimal replacement pattern on CRT, and when exchanging with by the pattern of such a part and years, it brought the result of becoming a cost minimum.

[0024] Moreover, according to this invention, out of the optimal replacement stage, as shown in drawing 5, the cost for every fiscal year can also be outputted. The comparison result of the

cost of each fiscal year at the time of using it to the life shown in drawing 6 for a comparison and the total cost shown in drawing 7 is shown.

[0025] As shown in drawing 7, in the optimal count by this system, it turns out that cost reduction of about ten percent can be planned by the total cost. In addition, according to the system of this invention, it can output also about drawing 5 - drawing 7.

[0026] Next, other operation gestalten of this invention are explained. Various constraints can be inputted now in this system. There are the following as an example of a constraint.

[0027] (1) \*\*\*\* the maximum of the cost of each fiscal year within a certain constant value.

(2) Open the replacement construction like the said division more than a fixed year.

(3) Specify the common appurtenant work like each part (can common appurtenant work be performed by the A-site and B part or not?).

[0028] By performing such inference with a constraint, the optimal replacement stage in consideration of a facility management person's convenience (a budget, an environment, social conditions, etc.) can be outputted.

[0029] As explained above, this invention contains what has following configurations and functions.

[0030] The system configuration of this invention consists of life-expectancy evaluation equipment, a cost arithmetic unit, and optimal replacement stage inference equipment, and is considered as a configuration with the database for life-expectancy evaluation and a cost operation.

[0031] First, a part is divided for every replacement part unit, and life-expectancy evaluation equipment determines the life of each part. Replacement part units are a coil, a header, a waterwall, piping, a drum, etc. for example, by the boiler for enterprises. The replacement schedule pattern which is possible on the basis of the life by these remaining life assessment equipments is determined, and the total cost in duration of service is calculated for every replacement schedule pattern with a cost arithmetic unit.

[0032] The total cost should total the inspection, the maintenance cost, and replacement expense for every fiscal year. Replacement expense consists of a manufacturing cost and a construction cost, and the construction cost of these is divided into appurtenant work and installation expense, such as scaffold construction, and if it is a contiguity part when coincidence exchange is carried out, let appurtenant work be common cost.

[0033] Moreover, inspection and a maintenance cost consider as the function of the years from the time of exchange, and is specifically given by the degree type at least in each part.

[0034]  $\text{inspection and maintenance-cost} = \text{criteria costs} \times (\text{years from exchange}) / (\text{life})$  aa=2-3 -- the replacement schedule pattern which becomes a cost minimum with optimal replacement stage inference equipment out of such the cost result of an operation is outputted.

[0035] In this invention, inference of the life-cycle-optimal replacement stage to become a cost minimum is enabled by taking the following two effectiveness into consideration.

[0036] It is having taken into consideration the common cost in coincidence exchange in the first place. Although it becomes exchange from the manufacturing cost which manufactures the target part, and the construction cost which installs the new part which removed the part which became old and was manufactured, in exchanging to coincidence the part which appurtenant work, such as scaffold assembly, occurs and approached in the construction cost, it calculates this appurtenant work as common cost.

[0037] It is having taken fluctuation of an inspection maintenance cost into consideration to the second. In the case of a boiler, since there are very many component parts, it is rare to carry out total inspection, and in almost all cases, it is a partial inspection. Although the Banking Inspection Department is decided from experience of a part severe in design, or the past, since a detailed inspection is needed when a facility is superannuated, at least the Banking Inspection Department increases in number, or the part repaired in part increases.

[0038] Moreover, the probability to consume a life and to break down during operation becomes high, and when it breaks down, it is necessary to stop operation and to restore. Even if the cost was very large and it restored for the time being, in the next inspection, the cure even in consideration of exchange is needed.

[0039] Thus, inspection and a maintenance cost change with years from manufacture or exchange, and it increases, so that it approaches a life (life). Then, let inspection and a maintenance cost be the functions of the years from the time of establishment or exchange of a part.

[0040] Inspection and a maintenance cost increase at an increasing tempo, as it mentioned above, when the object part approached the life, and it is specifically expressed with a degree type.

[0041] Inspection and a maintenance cost = the criteria costs  $\times$  (years from exchange) / (life) a constant  $a$  was set as 2-3 from the past data. In addition, criteria costs are determined by a plant and the part.

[0042] If cost count is carried out without taking the above effectiveness into consideration, it will become a cost minimum to use it to the life like each part, and to exchange just before a life, but since it is not considered in the above-mentioned effectiveness, actual costs differ. Evaluation near the cost which actually starts is attained by taking such effectiveness into consideration.

[0043]

[Effect of the Invention] By using the system of this invention, it can decide upon the replacement schedule which serves as a cost minimum after taking the life like each part into consideration in plants, such as a thermal power station boiler.

[0044] Therefore, exchange of the most efficient part is attained from the position of the preventive maintenance of a plant, without reducing dependability, and a so-called size has the industrial value very much.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the configuration of the life-cycle management mold plant maintenance support system concerning this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the processing flow of a life-cycle management mold plant maintenance support system.

[Drawing 3] It is the sectional view of the boiler for thermal power stations used for the operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is the example of an output of the optimal replacement schedule in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is an example of a graph output showing the cost of each fiscal year in the operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is an example of a graph output showing the cost of each fiscal year at the time of using it to a life.

[Drawing 7] It is an example of a graph output showing the total cost comparison with the operation gestalt of this invention, and the example of replacement in life use.

[Description of Notations]

- 1 Secondary Superheater
- 2 Inlet-Port Header
- 3 Middle Header
- 4 Outlet Header
- 5 Inlet-Port Coil
- 6 Middle Coil
- 7 Outlet Coil

---

[Translation done.]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-142298

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 M 19/00

G 0 1 M 19/00

Z

// G 2 1 D 3/00

G 2 1 D 3/00

B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-302924

(22) 出願日

平成9年(1997)11月5日

(71) 出願人 000005441

パプコック日立株式会社

東京都港区浜松町二丁目4番1号

(72) 発明者 小山 輝夫

広島県呉市宝町3番36号 パプコック日立  
株式会社呉研究所内

(72) 発明者 仲尾 元六

広島県呉市宝町3番36号 パプコック日立  
株式会社呉研究所内

(72) 発明者 斎藤 順一

広島県呉市宝町3番36号 パプコック日立  
株式会社呉研究所内

(74) 代理人 弁理士 武 顕次郎

最終頁に続く

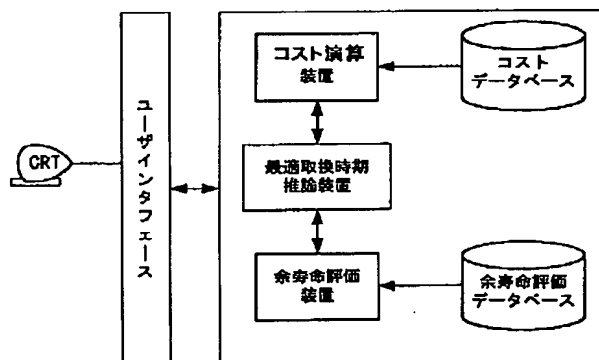
(54) 【発明の名称】 ライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システム

(57) 【要約】

【課題】 ボイラ等のプラントの使用期間全体を考慮したコスト演算を行い、コストミニマムとなるプラント構成部位の最適取替時期を推論すること。

【解決手段】 プラントの構成部位の余寿命を診断して構成部位の取替時期を決定するシステムにおいて、余寿命診断装置とコスト演算装置と最適取替時期推論装置とを備え、プラントの構成部位を取替単位に分割し、余寿命診断装置で取替単位毎に耐用年数を診断し、各取替単位の耐用年数を基に種々の取替スケジュールパターンを決定し、コスト演算装置で取替スケジュールパターン毎にコストを演算し、最適取替時期推論装置でコストミニマムになる取替スケジュールパターンを選定して出力し、コスト演算ではコストを検査・保守費と取替費に分けて算出し、近接する取替単位の同時取替の場合には取替費のうち付帯工事のコストを共通としてコスト演算すること。

【図1】



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プラントを構成する構成部位の余寿命を診断して前記構成部位の取替時期を決定するプラント保守支援システムにおいて、前記システムは、余寿命診断装置とコスト演算装置と最適取替時期推論装置とを備え、前記最適取替時期推論装置でプラントの前記構成部位を取替単位に分割し、前記余寿命診断装置で前記取替単位毎に耐用年数を診断し、プラントの使用年数に対して、各取替単位の前記診断した耐用年数を基に前記最適取替時期推論装置で種々の取替スケジュールパターンを決定し、前記コスト演算装置で前記取替スケジュールパターン毎にコストを演算し、前記最適取替時期推論装置でコストミニマムになる取替スケジュールパターンを選定して出力し、前記コスト演算ではコストを検査・保守費と取替費に分けて算出し、近接する取替単位の同時取替の場合には取替費のうち付帯工事のコストを共通としてコスト演算することを特徴とするライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システム。

【請求項2】 請求項1に記載のライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システムにおいて、前記検査・保守費を取替時からの年数の関数としてコスト演算することを特徴とするライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システム。

【請求項3】 請求項2に記載のライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システムにおいて、前記検査・保守費を検査・保守費＝基準費用×（（取替からの年数）／（耐用年数））<sup>a</sup>で表し、定数aを2～3とすることを特徴とするライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、火力発電ボイラ等のプラントの予防保全に関わり、特にプラントの使用年数に対し、ライフサイクル的に構成部位の最適取替時期を評価できるシステムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】火力発電用ボイラの耐圧部に使用される材料の仕様は、使用する材料の許容応力を基準に決められている。例えば、伝熱管の場合はその外径及び肉厚は、平均径の式（使用圧力×平均径／2／肉厚）で求められる応力が伝熱管の使用温度での許容応力以下になるように設計されている。

【0003】許容応力はクリープ破断強度が基準になっており、ボイラの寿命は10万時間が一つの目安となるが、許容応力には安全率が見込まれているので、ボイラの実際の寿命としては30年程度が妥当とされている。

【0004】しかし、ボイラは溶接構造物であることから部分取替が可能であり、新規プラントの建設よりは現在あるプラントの補修または部分的取替により寿命を延伸する方が経済的に有利であるという観点から、プラ

トとしての寿命を60年程度まで延長するという考え方が出始めてきている。

【0005】部分取替を行う場合には、各部位に使用されている材料の寿命を基準としており、一般的には各部位毎に材料の余寿命診断を実施し、その部位が寿命に達する直前に取替を行っている。

【0006】ボイラに使用される材料は、高温での使用時のクリープ損傷や、起動停止時の熱疲労損傷、あるいは腐食や腐食疲労損傷等、種々の損傷を受ける。このため、各部位に対応した余寿命診断方法が開発され、実用化されている。例えば、クリープ損傷が問題となる部位に対しては材料の表面を研磨・エッチングして現出させた金属組織をレプリカ膜に写し取り、金属組織の状態を損傷を評価するレプリカ法が一般的に使用されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように各部位毎に余寿命を評価し、寿命に達する前に取替を実施する方法が一般的に行われており、この場合、各部位単位を取替コストがなるべく低くなるような配慮がなされている。しかしながら、各部位の使用年数（建設あるいは取替からの年数）が増えると、余寿命には達していないが検査項目が増加したり、詳細検査が必要になることや、実際には、小不具合の発生や事故の可能性が高くなるため検査・保守費が増加し、必ずしも各部位毎にその材料の寿命時に取替を実施することが使用期間全体（ボイラのライフサイクル）で考えた場合にはコストミニマムになるとは限らない。

## 【0008】特開平3-242529号公報に記載の

「保守支援評価装置」では、プラント構成機器の保守のために、保守に必要な特定パラメータを収集し、これを基にライフサイクルを考慮した取替周期及び保守周期を求めている。この公知例ではオンライン的に保守に必要なデータが採取でき、しかも、取替費と保守費が同等である比較的小さな機器（計装機器）を対象としていることから、コストは各機器単体での評価であり、ライフサイクル的评价も各機器単体で行っている。

【0009】これに対し、事業用ボイラでは管寄、コイル、水壁等の比較的大きな部位を対象としており、取替には大規模な工事を伴う。このようなプラントの評価では各部位の取替における相互効果を考慮しなければ、プラント全体としてのコストミニマムとなるライフサイクル的评价にはならない。すなわち、取替時期が近い場合には同時に取り替えることにより、コストを低く抑えられる可能性がある。

【0010】例えば、ボイラは大型構造物であり、取替時には大がかりな足場を架設する必要があり、足場を兼用できる近接部位の場合には同時に取替えることによりコストを低く抑えられる。

【0011】このように各部位毎にその材料の寿命時に取替を実施するより、材料の寿命に加えてプラントの使

用期間全体（ライフサイクル）を考慮して取替える方が全体のコストを低く抑えることができる。本発明の目的は、ボイラ等のプラントにおいて、プラントの使用期間全体を考慮したコスト演算を行い、特に部位の取替における相互作用を考慮しながらコストミニマムとなるプラント構成部位の最適取替時期を推論するシステムを提供することにある。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明は主として次のような構成を採用する。

【0013】プラントを構成する構成部位の余寿命を診断して前記構成部位の取替時期を決定するプラント保守支援システムにおいて、前記システムは、余寿命診断装置とコスト演算装置と最適取替時期推論装置とを備え、前記最適取替時期推論装置でプラントの前記構成部位を取替単位に分割し、前記余寿命診断装置で前記取替単位毎に耐用年数を診断し、プラントの使用年数に対して、各取替単位の前記診断した耐用年数を基に前記最適取替時期推論装置で種々の取替スケジュールパターンを決定し、前記コスト演算装置で前記取替スケジュールパターン毎にコストを演算し、前記最適取替時期推論装置でコストミニマムになる取替スケジュールパターンを選定して出力し、前記コスト演算ではコストを検査・保守費と取替費に分けて算出し、近接する取替単位の同時取替の場合には取替費のうち付帯工事のコストを共通としてコスト演算するライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システム。

【0014】また、前記ライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システムにおいて、前記検査・保守費を取替時からの年数の関数としてコスト演算すること。

【0015】更に、前記ライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システムにおいて、前記検査・保守費を検査・保守費＝基準費用×（（取替からの年数）／（耐用年数））<sup>a</sup>で表し、定数aを2～3とすること。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態を図面を用いて以下に説明する。システム構成は、図1に示すように、余寿命評価装置、コスト演算装置、最適取替時期推論装\*

\*置、余寿命評価とコスト演算のためのそれぞれのデータベース、前記各装置とのデータの入出力を行うためのユーザインタフェース、およびCRTを有している。

【0017】図2に本発明による処理のフローを示す。中心になるのは最適取替時期推論装置である。該装置においては、まず、対象全体を取替部位単位に分割し、分割した取替部位単位毎に、その耐用年数を余寿命評価装置により、それぞれの余寿命診断方法で評価する。前記の取替部位単位とは、例えば事業用ボイラの火炉においては、火炉入口および出口管寄、火炉上部および下部水壁、ドラム等であり、取替部位単位は任意に設定する。余寿命評価装置では、前記により評価した全取替単位の耐用年数を基準に、複数の取替スケジュールパターンを決定し、コスト演算装置に出力する。該コスト演算装置では、対象全体の使用期間中の総コストを取替スケジュールパターン毎に演算する。

【0018】前記総コストは使用年度毎の検査・保守費及び取替費を累計したものとす。このうち、検査・保守費は通常の検査に要する固定費と変動費を考慮し、変動費は取替時からの年数の関数とする。また、取替費は取替部位の製造費と取替作業に要する建設費とからなるが、建設費は足場架設等付帯工事と据付費に分け、近接した部位で同時取替を実施した場合には、足場仮設等の付帯工事は共通コストとして算出する。このようにして、取替スケジュールパターン毎に行ったコスト演算結果の中からコストミニマムになる取替スケジュールパターンを出力する。

【0019】本発明により、図3に示す火力発電用ボイラの二次過熱器1を対象に最適取替時期を推論した。対象部位は入口管寄2、中間管寄3、出口管寄4、入口コイル5、中間コイル6及び出口コイル7の計6部位とした。本プラントは約20年使用されており、この時点でレプリカを採取し、余寿命評価装置でキャビディによる余寿命診断を実施した結果、各部位の寿命（耐用年数）は表1に示すようになった。

#### 【0020】

【表1】

表 1

部 位	耐用年数 (年)	検査・保守費 (M¥)	製造・据付費 (M¥)	付帯工事費 (M¥)
入口管寄	42	15.0	200	20
中間管寄	35	30.0	400	40
出口管寄	28	30.0	500	50
入口コイル	34	35.0	600	70
中間コイル	27	40.0	700	70
出口コイル	22	40.0	700	70

$$\text{検査費} = \text{基準費用} \times ((\text{取替からの年数}) / (\text{耐用年数}))^2$$

【0021】表1には検査・保守費、製造・据付費および付帯工事費を算出しており、本実施形態では検査・保守費を従来の実績等から下記のように定義した。

【0022】検査・保守費＝基準費用×（（取替からの年数）／（耐用年数））<sup>2</sup>この中には検査時に派生する修繕費、部分取替費、検査点数の増加分及び検査手段の故障危険率を含んでいる。また、これら6つの部位は近接していることから共通の足場が使用でき、二つ以上の部位を同時に取替える場合には付帯工事にかかるコストを一つの部位に適用し、他の部位は付帯工事コストを差し引くことになる。

【0023】本プラントの使用年数を60年とし、このようなデータを元に本システムで最適取替時期を推論した。図4は最適取替パターンをCRTに表示したものであり、このような部位と年数のパターンで取替を実施すればコストミニмумになるという結果になった。

【0024】また、本発明によれば、最適取替時期の外に、図5に示すように各年度毎のコストも出力できる。比較のために図6に示す耐用年数まで使用した場合の各年度のコスト、及び図7に示す全コストの比較結果を示す。

【0025】図7に示すように本システムによる最適計算では、全コストで約1割のコスト低減が図れることがわかる。なお、図5～図7についても、本発明のシステムによれば出力できる。

【0026】次に、本発明の他の実施形態について説明する。本システムでは種々の制約条件を入力できるようになっている。制約条件の例としては、以下のものがある。

【0027】（1）各年度のコストの最大値をある一定値以内にする。

（2）同部位の取替工事は一定年以上開ける。

（3）各部位の共通付帯工事を特定する（A部位とB部位で共通付帯工事ができるかどうか）。

【0028】このような制約条件付きの推論を行うことにより、設備管理者の都合（予算、環境、社会的情勢等）を考慮した最適取替時期が出力できる。

【0029】以上説明したように、本発明は次のような構成と機能を有するものを含むものである。

【0030】本発明のシステム構成は、余寿命評価装置、コスト演算装置、最適取替時期推論装置からなり、余寿命評価とコスト演算のためのデータベースを有した構成とする。

【0031】まず、取替部位単位毎に部位を分割し、それぞれの部位の耐用年数を余寿命評価装置で決定する。取替部位単位とは、例えば事業用ボイラではコイル、管寄、水壁、配管、ドラム等である。これらの余寿命診断装置による耐用年数を基準に可能性のある取替スケジュールパターンを決定し、コスト演算装置で使用期間中の総コストを取替スケジュールパターン毎に演算する。

【0032】総コストは、年度毎の検査・保守費及び取替費を累計したものである。取替費は製造費と建設費とからなり、この内の建設費は足場架設等の付帯工事と据付費に分け、同時取替を実施した場合に近接部位であれば付帯工事は共通コストとする。

【0033】また、検査・保守費は取替時からの年数の関数とし、具体的には各部位で次式で与える。

【0034】検査・保守費＝基準費用×（（取替からの年数）／（耐用年数））<sup>a</sup> a＝2～3このようなコスト演算結果の中から最適取替時期推論装置でコストミニмумになる取替スケジュールパターンを出力する。

【0035】本発明では以下の2つの効果を考慮することにより、コストミニмумとなるライフサイクルの最適取替時期の推論を可能にしている。

【0036】第一に、同時取替における共通コストを考慮したことである。取替には、対象とする部位を製作する製造費と、古くなった部位を撤去し、製作した新しい部位を据付ける建設費とからなるが、建設費の中には足場組立等の付帯工事があり、近接した部位を同時に取替える場合にはこの付帯工事を共通コストとして計算する。

【0037】第二に、検査保守コストの変動を考慮したことである。ボイラの場合、構成部品は非常に多いため全数検査するのは希であり、ほとんどの場合、部分検査である。検査部位は設計的に厳しい部位や過去の経験から決められているが、設備が老朽化してくると詳細な検査が必要となるため検査部位が増加したり、部位的に修繕する箇所が多くなってくる。

【0038】また、寿命を消費して運転中に故障する確率が高くなり、故障した場合は運転を中止して復旧する必要がある。そのコストは非常に大きく、とりあえず復旧したとしても次の検査では取替までを考慮した対策が必要になる。

【0039】このように検査・保守費は製造あるいは取替から年数によって変化し、寿命（耐用年数）に近づくほど増加するものである。そこで、検査・保守費を新設または部位の取替時からの年数の関数とする。

【0040】検査・保守費は対象部位が寿命に近づくときと上述したように加速度的に増加するものであり、具体的には次式で表す。

【0041】検査・保守費＝基準費用×（（取替からの年数）／（耐用年数））<sup>a</sup> 定数aは過去のデータから2～3に設定した。なお、基準費用はプラントや部位によって決められるものである。

【0042】以上の効果を考慮せずにコスト計算を実施すると、各部位の寿命まで使用し、寿命直前に取替えることがコストミニмумになるが、上記の効果が配慮されていないために実際のコストは異なってくる。これらの効果を考慮することにより、実際にかかるコストに近い評価が可能になる。

【0043】

【発明の効果】本発明のシステムを用いることにより、火力発電ボイラ等のプラントにおいて、各部位の寿命を考慮した上でコストミニマムとなる取替スケジュールが策定できる。

【0044】したがって、プラントの予防保全の立場からは、信頼性を低下させずに最も効率的な部位の取替が可能となり、その工業的価値は非常に大なるものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システムの構成を示す図である。

【図2】ライフサイクルマネジメント型プラント保守支援システムの処理フローを示す図である。

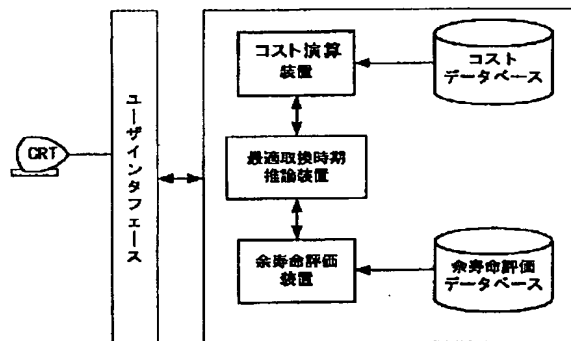
【図3】本発明の実施形態に使用する火力発電用ボイラの断面図である。

10

- 【符号の説明】
- 1 二次過熱器
  - 2 入口管寄
  - 3 中間管寄
  - 4 出口管寄
  - 5 入口コイル
  - 6 中間コイル
  - 7 出口コイル

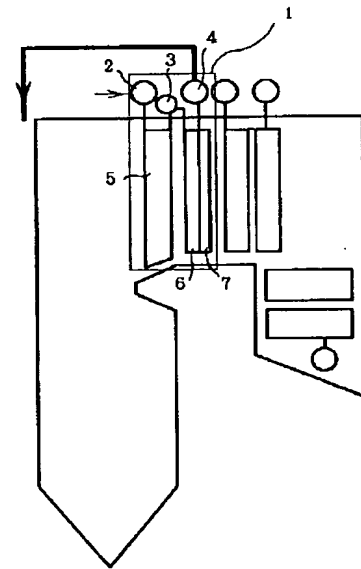
【図1】

【図1】



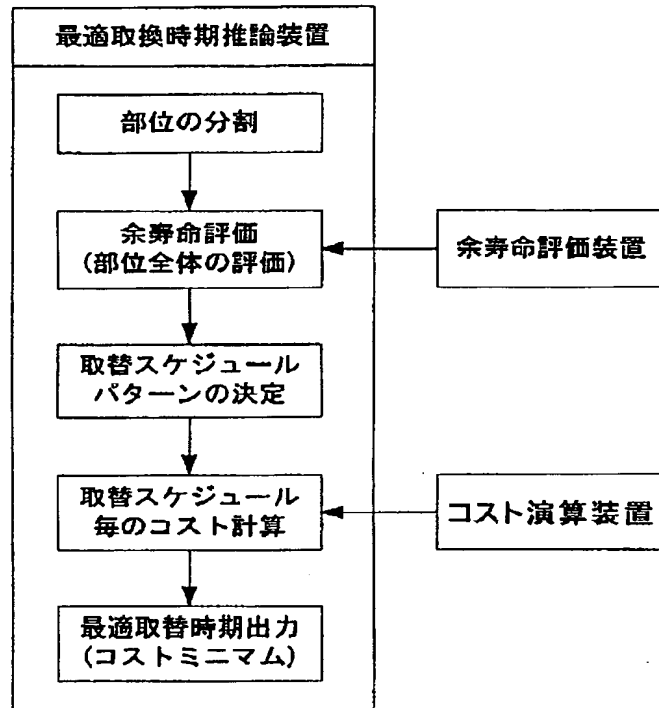
【図3】

【図3】

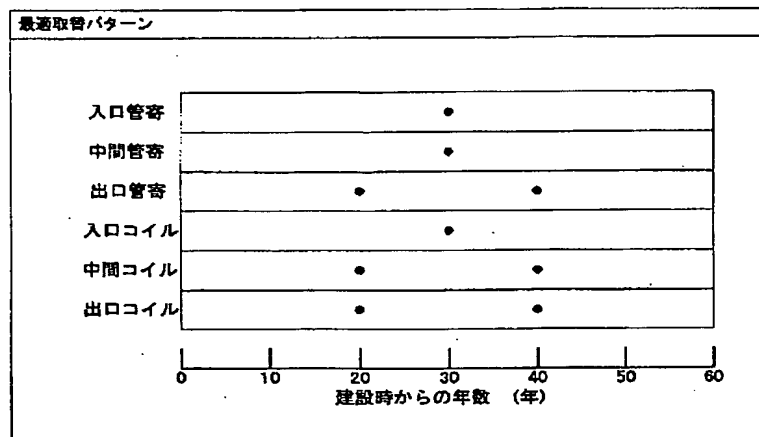


【図2】

【図2】

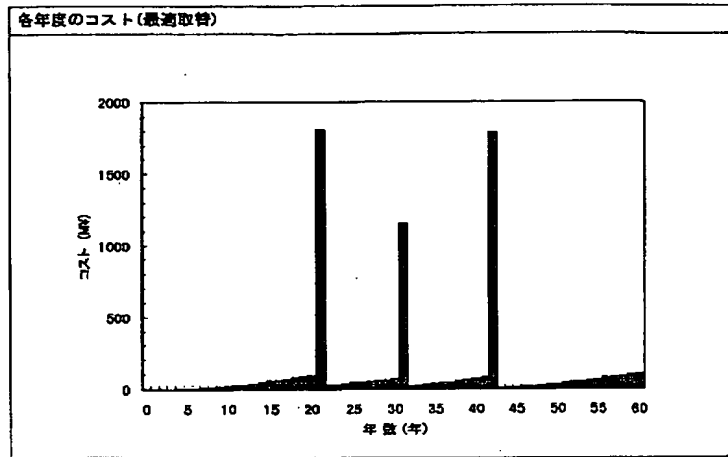


【図4】



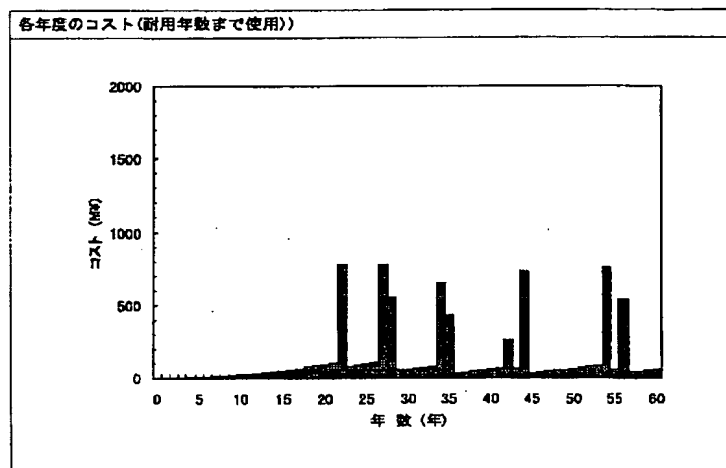
【図4】

【図5】



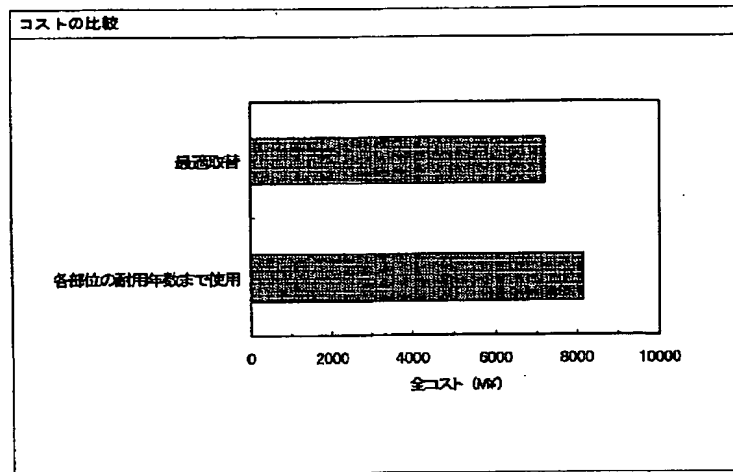
【 図 5 】

【図6】



【 図 6 】

【図7】



【図7】

---

フロントページの続き

(72)発明者 松本 曜明  
広島県呉市宝町6番9号 バブコック日立  
株式会社呉工場内